

# 信息网络专题研究课文献阅读报告（应用层）

## 一、 文献信息

1. 论文作者: Ashish Kapoor
2. 论文题目: Helping Reduce Environmental Impact of Aviation with Machine Learning
3. 发表途径: Microsoft Corporation 1 Microsoft Way Redmond, WA 98052
4. 发表时间: 2019

## 二、 问题意义

### 1. 研究问题

论文主要研究了通过机器学习解决减少商业航空飞机的飞行时间的方案，主要有两个方面：

- A. 改进高空风况预报
- B. 一种利用风况预报进行飞机航线选择方法

### 2. 研究背景

商业航空是气候变化的最大贡献者之一，飞机飞行产生的有害颗粒物以及气体对气候产生了严重的影响。因此，为了尽量降低航空事业有害物质的排放，我们必须做出相应的努力。此前航空业共同努力采取了一些措施，例如国际航空碳补偿和减排计划，但是这些措施大多数都是自愿的且是以市场为基础的，所以收效甚微。故论文作者探索并提出了 ML 方法来优化给定来源和目的地的飞行时间，从而降低飞机一次飞行任务的有害物质排放。

### 3. 研究意义

经过测量，飞机飞行平均减少一个小时的飞行时间可以减少 2500 公斤以上的二氧化碳排放。通过采用本文所论述的方法可以有效的减少飞行时间，故可以大大降低有害物质排放，为改善气候做出一定的贡献。

## 三、 思路方法

### 1. 改善高空风况预报

核心思想为利用来自大量的高空飞行器的公开信息来改善风况预报。美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 发布了一份关于离散海拔高度的静止站点的高空风况报告，论文作者通过考虑飞机的地面速度来完善对风况的预测。形式上采用了高斯过程 (GPs)，作者提供了一种有效的更新方法，用于根据其他位置观测的来修正某一位置的调节现象。

GPs 允许我们对在附近的地点观察到类似的风进行编码，并将来自飞机的附加信息加入到高处进行整合。形式上，它结合了平滑度约束和观测到的信息  $T_L$  和  $V_A$  ( $T_L$ : 为在风站观测到的风;  $V_A$ : 观测到的地面速度)，分别对风站和飞机进行了计算。通过高斯定义了隐藏的实际风和噪音观测值的概率关系。总之，模型通过一系列概率公式引入了站点的位置，真实风，风噪音观测值，飞机的地面速度，最后用拉普拉斯近似推断风况，这使 NOAA 的预测更加精确。

### 2. 利用风况预报进行高效航线选择

本文作者提出了一种对盛行风敏感的飞机航线策略并优化了飞行时间。作者考虑了一种

在时域上在线滚动的路径规划器,在建模为高斯过程的环境中工作,配备预先计算的轨迹库,在每次迭代中,作者的算法会选择一个轨迹来执行,同时在飞行中收集潜在风的观测,从而更新数据和线路。对应每一条轨迹存在一个奖励函数,这个奖励函数取决于未确定的风,奖励反映了飞机向目的地移动的速度。飞行器的理想目标就是选择一个轨迹,这个轨迹可以最大限度的积累奖励。值得强调的是飞机需要在飞行中一边计划一边收集新的信息,并为未来的计划完善知识储备。

论文作者设计了一个类似于 GP-UCB (置信上界) 的算法,在该算法中,作者在每一步都保持了每个轨迹的真实奖励的置信区间。这是通过从 GP 中提取未确定风的置信区间,然后用它们来计算每个轨迹的回报方差来实现的。飞行器沿着回报最高的置信界限的轨迹前进,新的测量数据被用来完善风的预测,并一直重复直到抵达目的地。

## 四、 实验结论

### 1. 改善高空风况预报

#### 1.1 实验过程

- A. 使用从联邦航空局获取的记录了飞机飞越华盛顿州、俄勒冈州和加利福尼亚州的数据,数据包括了来自 496 架飞机的 1653 次观测。将探索两个基线: 1) 使用先有的 NOAA 预报的最近邻风插值方法。2) 使用通过 GP 回归的非线性插值(GPR)。将使用本文提到的方法与两个基线对比。
- B. 通过预测飞机的地面真实速度对方法的正确性进行评估。
- C. 使用“弃一架飞机”方法 (leave-one-aircraft-out),即除了一家测试飞机外,其余飞机均使用预测模型,将每架飞机视为测试数据重复过程。

#### 1.2 实验结果

观察到在 30k 英尺处的预测,所提出的方法估计的风雨 NOAA 的预测有很大差异。结果显示使用此方法(即使用飞机数据预测)的均方根误差(43.66)比其他的方法(NOAA 为 51.53; GPR 为 50.93)都更加好。

### 2. 航线选择

#### 2.1 实验过程

- A. 模拟了一架飞机在 39k 英尺高度保持 250 里每小时的巡航速度。利用 NOAA 提供的预报,通过 GP 构建地面真实风图。
- B. 使用一个现有的预先计算的轨迹库,在两种不同的路线上测试例 UCB (本论文提出的方法)和均值预测法。

路线分别为: 1) 从南拉罗莱纳 (SC) 到犹他州(UT)短路线(约 1300 海里)。

2) 从西雅图到迈阿密的长路线(约 2700 海里)。

- C. 重复试验 11 天,每六个小时为一个时间段,在每个时间段内模拟两条路径实验。

#### 2.2 实验结果

- 1) 逆风飞行时：UCB 为了抵消强风时的风效应，几乎和垂直于风速的方向飞行，这样节省了飞行时间。
- 2) 顺风飞行时：UCB 几乎遵循着大圆弧路线 (Great Circle Route)。
- 3) 得到数据 (时间)：短路线：UCB 为  $21079.7 \pm 1190$  s；均值预测为  $21183.3 \pm 1263$  s  
长路线：UCB 为  $31333.1 \pm 1269$  s；均值预测为  $31716.5 \pm 1016$  s  
结果可以表明，UCB 具有明显优势。

## 五、 启发思考

通过阅读本篇论文领略到了机器学习的强大之处，利用计算机的强大计算能力，利用机器学习可以解决很多问题。机器学习也可以应用在通信专业，在我查阅资料看来，机器学习的训练过程和通信接收的信道估计的方法类似，经过问题建模、通过一些假设对系统内在结构进行一些限定、确定估计系统的准则，在此准则下，确定搜索最优解的方法。因此我觉得机器学习在通信行业中可以起到十分重要的作用。同时在信号处理方面也可以利用机器学习。我相信在引入机器学习后将引起通信行业的新变革。